

---

# Rancangan Purwarupa Robot *Line Follower* Berbasis Arduino Nano Untuk Mendukung *Project-Based Learning* Pada Siswa Sekolah Menengah

Yusuf Yudhistira<sup>\*1</sup>, Mukrodin<sup>2</sup>, Nirina S. Fauzia<sup>3</sup>, M. Ihza Sofyansah<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Sistem Informasi, Fakultas Sains & Teknologi, Universitas Peradaban

Email: <sup>\*1</sup>[yudhis96@yahoo.com](mailto:yudhis96@yahoo.com), <sup>2</sup>[mukrodins@gmail.com](mailto:mukrodins@gmail.com), <sup>3</sup>[nirinasfauzia@gmail.com](mailto:nirinasfauzia@gmail.com), <sup>4</sup>[mihzasof@gmail.com](mailto:mihzasof@gmail.com)

(Naskah masuk: 16 Desember 2024, diterima untuk diterbitkan: 20 April 2025)

**Abstrak:** Kesulitan dalam mengajarkan mata pelajaran robotika/automaton disebabkan karena tidak adanya peralatan sebagai sarana praktek yang disusun dengan sistematis menjadi sebab diadakannya penelitian ini. Sehingga tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan purwarupa robot line follower sederhana berbasis Arduino Nano sebagai sarana untuk memperkenalkan robotika/automaton melalui teknik pembelajaran berbasis proyek untuk meningkatkan kemampuan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) pada siswa sekolah menengah. Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu: studi literatur, perancangan, pengembangan, uji coba, dan evaluasi. Robot line follower ini dirancang untuk dapat dibangun dengan mudah oleh siswa dan memiliki fitur-fitur sederhana yang dapat diprogram menggunakan Arduino IDE. Robot akan dilengkapi dengan sensor dan aktuator. Juga menggunakan komponen yang banyak tersedia di pasaran, sehingga biayanya akan lebih murah dan dapat diadopsi oleh siswa dan sekolah di berbagai daerah. Hasil dari penelitian berupa purwarupa robot line follower yang berbiaya murah dan memiliki komponen yang mudah ditemukan, namun memiliki fitur yang mampu merangsang siswa dalam mengembangkan kemampuan motorik, pedagogik, dan computational thinking. Siswa yang mengikuti pembelajaran berbasis proyek dengan menggunakan purwarupa robot line follower ini mampu meningkatkan keterampilan STEM dan memiliki motivasi belajar yang lebih tinggi. Oleh karena itu, penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif dalam pengembangan pendidikan STEM di Indonesia.

**Kata Kunci** - Pembelajaran Robotika/Automaton; Line Follower; Project Based Learning; Pendidikan Menengah; Arduino Nano;

---

## Prototype Design of Arduino Nano Based Line Follower Robot to Support Project-Based Learning for High School Students

**Abstract:** The difficulty in teaching robotics/automaton subjects is caused by the lack of equipment as a means of practice that is systematically arranged, which is the reason for this research. So the purpose of this study is to develop a simple line follower robot prototype based on Arduino Nano as a means of introducing robotics/automaton through project-based learning techniques to improve STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) skills in high school students. This research was conducted in several stages, namely: literature study, design, development, testing, and evaluation. This line follower robot is designed to be easily built by students and has simple features that can be programmed using the Arduino IDE. The robot will be equipped with sensors and actuators. Also using materials that are widely available on the market, so the cost will be cheaper and can be adopted by students and schools in rural areas. The results of the study is line follower robot prototype that is inexpensive and has components that are easy to find, but has features that can stimulate students in developing motor skills, pedagogy, and computational thinking. Students who participated in project-based learning using this line follower robot prototype were able to improve their STEM skills and had higher learning motivation. Therefore, this study can provide a positive contribution to the development of STEM education in Indonesia.

**Keywords** - Robotic/Automaton Study; Line Follower; Project Based Learning; High School Education; Arduino Nano;

---

## 1. PENDAHULUAN

Pendidikan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) memiliki peran penting dalam mengembangkan keterampilan siswa untuk berkompetisi di era globalisasi saat ini. Dalam mengembangkan keterampilan STEM, pembelajaran yang efektif dan inovatif sangat diperlukan. Teknik pembelajaran berbasis proyek merupakan salah satu teknik pembelajaran yang efektif dalam mengembangkan keterampilan siswa, terutama dalam bidang STEM. Pembelajaran berbasis proyek memungkinkan siswa untuk belajar melalui proses pemecahan masalah secara aktif dengan mempraktekkan langsung hasil pembelajaran teori dan berpikir kreatif dalam mencari solusi ketika mengerjakan proyek. [1]

Salah satu hal yang menarik minat siswa dalam pembelajaran STEM adalah penggunaan robot. Robot dapat digunakan sebagai sarana praktikum untuk mengembangkan keterampilan STEM pada siswa. Pendekatan pembelajaran berbasis proyek pada siswa dengan menggunakan Arduino untuk membuat robot akan meningkatkan pengetahuan, mengasah kemampuan, dan memupuk semangat siswa dalam proses pembelajaran [10][11]. Namun jenis robot yang sesuai dengan kriteria yang sesuai tidak dapat diperoleh dengan mudah. Sekalipun ada, solusinya tidak disediakan dengan lengkap, sehingga siswa akan merasa frustrasi dengan proses pembelajarannya yang banyak kendala, seperti robot susah dirakit, komponen tidak selalu tersedia, kode program yang tidak mudah dipahami, harga yang mahal, dan kendala-kendala lain. Kendala tersebut yang dialami oleh peneliti pada saat mengajarkan materi robotika pada siswa sekolah menengah pada 3 tahun terakhir ini. Hal tersebut juga tercermin dari rekomendasi untuk segera memulai pengembangan bahan ajar dan media pembelajaran berbasis robotika agar tren penelitian STEM di Indonesia selaras dengan tren internasional [7]. Tidak hanya di Indonesia, negara-negara lain juga mengalami kesulitan dalam mengajarkan STEM dikarenakan kurangnya peralatan untuk melakukan eksperimen [8].

Dalam penelitian ini, peneliti berfokus pada pengembangan purwarupa robot line follower sederhana sebagai salah satu jenis robot yang efektif digunakan dalam pembelajaran STEM karena relatif mudah untuk dibuat dan dioperasikan oleh siswa. Rancangan robot akan dibuat agar dapat memberikan rencana pembelajaran STEM yang efektif dengan mengintegrasikan prinsip-prinsip pedagogik secara harmonis sehingga akan merangsang siswa agar mampu belajar secara aktif [12]. Kemudian dengan fitur yang sederhana dan menggunakan komponen yang tersedia di pasaran, sehingga biaya untuk pengadaannya pun tergolong murah. Ditambah lagi sifat dari pengembangan *open source* yang merupakan inisiatif Arduino, teknologi tersebut mudah diakses tanpa biaya lisensi yang memberatkan, sehingga memiliki efektifitas dalam hal biaya [9].

## 2. PEMECAHAN MASALAH

### 2.1. Pendekatan Pemecahan Masalah

Pendekatan pemecahan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) yang terdiri dari beberapa tahap, yaitu: studi literatur, perancangan, pengembangan, uji coba, dan evaluasi. Tahap studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan informasi mengenai purwarupa robot line follower, Arduino Nano, teknik pembelajaran berbasis proyek, dan keterampilan STEM pada siswa.

Dengan purwarupa yang akan dirancang pada penelitian ini, siswa akan dilatih mengembangkan kemampuan motorik, pedagogik, berpikir kreatif dan logis, serta meningkatkan kemampuan merancang algoritma pemrograman *embedded system* (sistem tersemat) dan melakukan *coding* pada perangkat *micro-controller*. Pengetahuan tersebut sangat penting untuk membentuk karakter dan pola pikir siswa di era industri 5.0 yang mana pemanfaatan ITC (*Information Technology and Communication*), AI (*Artificial Intelligence*), dan Robotika/Automaton merupakan dasar untuk menguasai bidang-bidang pada era tersebut.

## 2.2. State of The Art dan Kebaruan

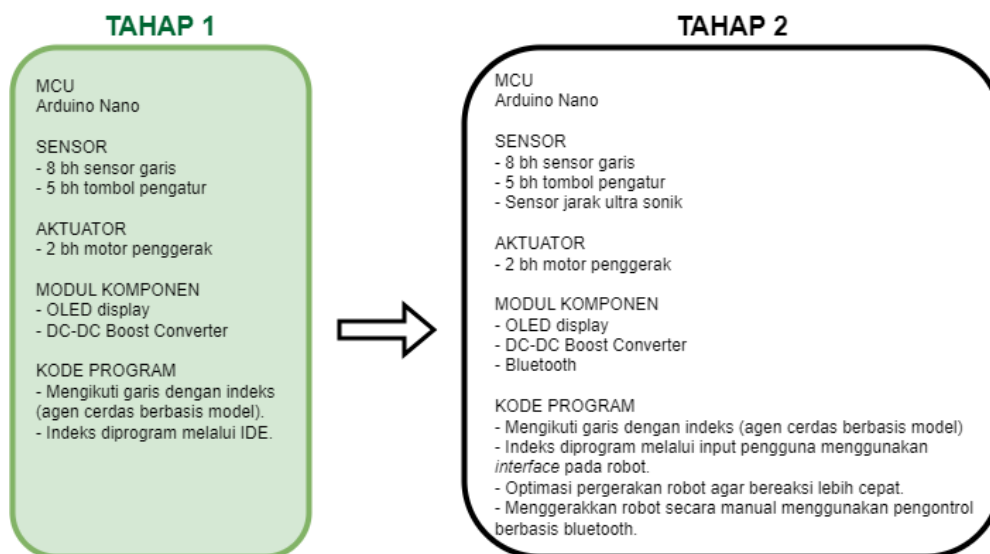
Dalam *state of the art*, peneliti menemukan beberapa penelitian sebelumnya yang relevan dengan penelitian ini. Pertama, penggunaan sensor temperatur dan sensor tekanan dalam pembelajaran STEM. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan sensor suhu/ temperatur dan sensor tekanan dapat meningkatkan minat dan motivasi siswa dalam belajar STEM [2]. Kedua, penggunaan sensor suhu dan sensor kelembapan berbasis Arduino Uno pada pembelajaran Biologi. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis Arduino Uno dapat meningkatkan keterampilan pemrograman dan teknik elektronika pada siswa [3]. Ketiga, pembelajaran berbasis proyek dapat meningkatkan motivasi siswa dalam mempelajari STEM [1][4][5][6].

Namun, penelitian-penelitian tersebut lebih fokus pada penggunaan sensor tanpa adanya aktuator, sehingga pemahaman siswa kurang holistik/ menyeluruh. Oleh karena itu, penelitian ini merancang dan membangun purwarupa robot *line following* sederhana berbasis Arduino Nano dengan biaya pengadaan yang relatif murah tetapi mampu memberikan bahan untuk siswa dalam melatih motorik, pedagogik, dan logika pemrograman. Robot *line follower* sederhana tersebut nantinya akan terdiri atas sensor dan aktuator yang sedikit lebih kompleks untuk memacu kreatifitas siswa lebih lanjut. Selain itu, purwarupa dapat dikembangkan dengan tambahan berupa modul-modul lain untuk meningkatkan tingkat kompleksitas lebih lanjut.

## 2.3. Peta Jalan Penelitian

Penelitian ini diilhami oleh pengalaman peneliti dalam mengajarkan mata pelajaran robotika/automaton di sekolah menengah atas selama 3 tahun. Kesulitan dalam pengadaan peralatan untuk praktek robotika/automaton yang terintegrasi dan memiliki modul yang lengkap. Sekalipun ada, merupakan produk impor dengan harga yang sangat mahal.

Dengan bekal pengalaman dalam pengajaran, peneliti mengajukan penelitian ini dengan peta jalan yang baru dimulai dengan membuat purwarupa robot *line follower* sederhana, namun cukup kompleks untuk dapat memberikan materi yang lengkap bagi siswa untuk menguasai konsep-konsep robotika/automaton. Pada tahapan penelitian yang ini, peneliti akan berfokus pada pembuatan purwarupa beserta modul perakitan dan pemrograman.



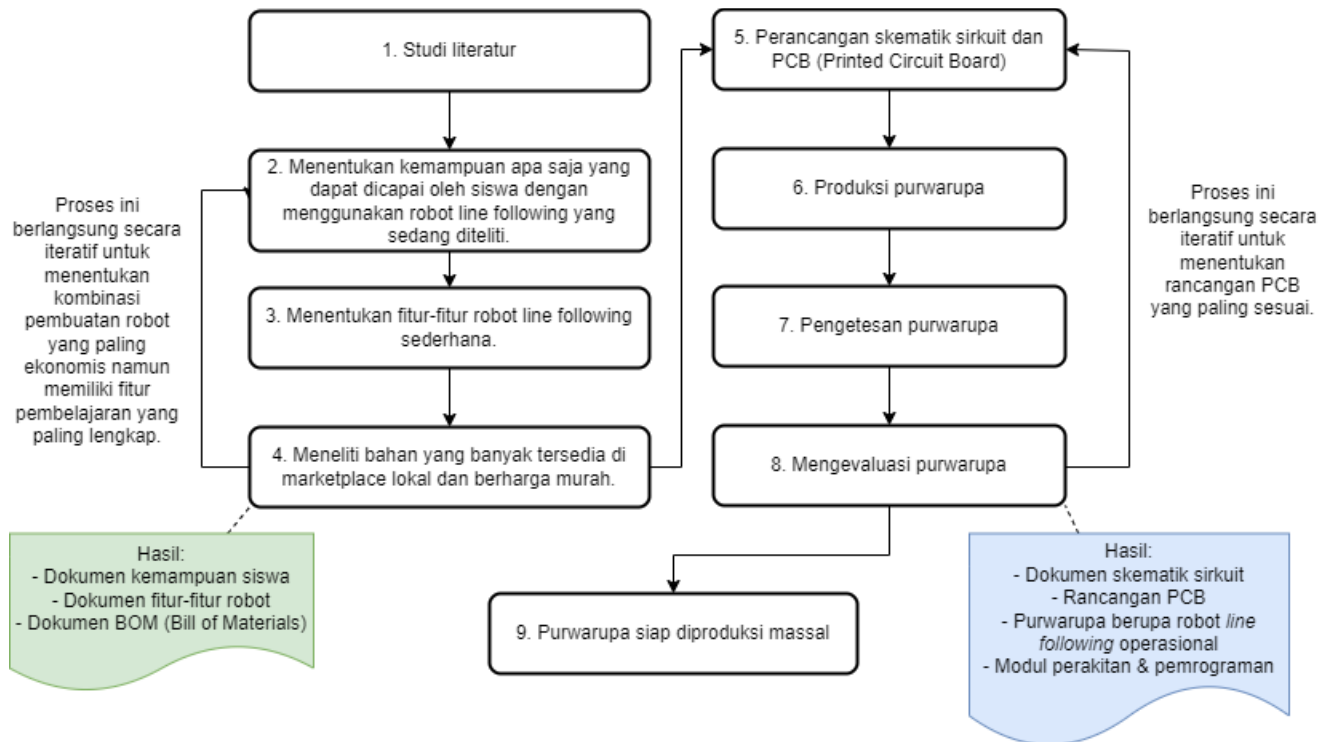
Gambar 1. Peta Jalan Penelitian.

Gambar 1 memperlihatkan peta jalan penelitian. Penelitian ini merupakan langkah awal dari pengembangan robot *line follower*. Pada tahap pertama ini, robot akan dilengkapi dengan 8 buah sensor garis dan aktuator berupa 2 buah motor penggerak, perangkat display *OLED* (*Organic Led Emitting Diode*), dan 5 buah tombol pengatur. Pada area program, robot *line follower* dirancang untuk memiliki kemampuan menyimpan indeks rute agar memiliki kecerdasan pada tingkatan agen

cerdas berbasis model. Pada tahapan *road map* selanjutnya, peneliti berencana menambahkan modul-modul sensor lain seperti sensor jarak dan modul komunikasi *bluetooth* untuk menggerakkan robot secara manual. Pada area program, akan ditingkatkan kemampuan agar robot *line follower* dapat menyelesaikan rute garis yang lebih kompleks.

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan pelaksanaan penelitian dilakukan melalui tahapan-tahapan yang terdapat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tahapan Penelitian.

Penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur untuk menentukan bentuk purwarupa yang ideal. Kemudian pada tahap ke-2 dilanjutkan dengan menentukan kemampuan siswa yang dapat diasah melalui pembelajaran berbasis proyek yang menggunakan robot *line follower* yang dirancang pada penelitian ini. Pada Tahap 3 menentukan fitur-fitur robot *line follower* apa saja yang akan dirancang sehingga mampu meningkatkan kemampuan siswa yang sudah dijabarkan di tahapan ke-2. Dilanjutkan pada Tahap 4 untuk mengumpulkan data komponen-komponen apa saja yang banyak tersedia di *marketplace* lokal, tentunya komponen tersebut harus berbiaya murah agar biaya pengadaan robot tidak mahal. Tahap 2-4 ini dilakukan secara iteratif untuk menentukan kombinasi antara kemampuan siswa, fitur-fitur robot, dan komponen-komponen robot yang tersedia, sehingga ditemukan kombinasi yang paling ideal. Pada tahapan ke-4 ini dihasilkan dokumen *BOM (Bill of Materials)* sebagai patokan untuk melangkah pada tahapan berikutnya.

Tahap ke-5 sampai ke-8 merupakan tahapan pembuatan purwarupa. Dimulai dengan pembuatan skematik sirkuit sesuai dengan BOM yang sudah dikumpulkan pada tahap ke-4, dilanjutkan dengan merancang papan sirkuit tercetak (*PCB/Printed Circuit Board*). Setelah PCB selesai dirancang, dilanjutkan membuat kode program yang sesuai dengan desain purwarupa. Berikutnya memproduksi purwarupa dengan volume terbatas (tahap ke-6), melakukan pengetesan pada purwarupa (tahap ke-7), mengevaluasi dengan melibatkan siswa sebagai target (tahap ke-8), dan lakukan perubahan-perubahan jika diperlukan. Tahap ke-5 s.d. tahap ke-8 dilakukan secara iteratif dengan hasil akhir berupa purwarupa robot *line follower* yang sudah sesuai dengan kriteria. Terakhir, purwarupa siap diproduksi massal (tahap ke-9).

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1. Kemampuan Siswa yang Diharapkan

Tabel 1 memperlihatkan kemampuan siswa yang diharapkan dari project-based learning yang menggunakan purwarupa hasil penelitian.

Tabel 1. Kemampuan Siswa Yang Diharapkan

No	Kemampuan Siswa	Proses Pembelajaran
1	Meningkatkan kemampuan motorik	Siswa merakit robot dengan memasang masing-masing komponen pada PCB melalui penyolderan dan penggabungan menggunakan peralatan seperti baut dan obeng. Proses ini akan melatih kemampuan motorik halus, ketelitian, kesabaran, dan kesungguhan siswa.
2	Meningkatkan kemampuan pedagogik	Siswa merakit robot secara berkelompok dan saling membantu. Siswa yang memiliki kemampuan lebih akan membantu siswa lain yang kesulitan. Proses tersebut akan melatih kemampuan siswa dalam mengajar siswa lain dan menumbuhkan kemampuan pedagogi siswa.
3	Meningkatkan kemampuan berpikir kreatif dan logis	Proses perakitan robot melalui serangkaian tahapan yang sudah direkomendasikan. Pada proses tersebut, siswa akan menemui tantangan-tantangan yang harus diselesaikan secara kreatif dan logis sehingga robot dapat beroperasi dengan baik.
4	Meningkatkan kemampuan berpikir komputasional ( <i>computational thinking</i> )	Robot harus diprogram agar berjalan dengan baik. Proses pemrograman robot akan meningkatkan kemampuan berpikir algoritmik pada siswa. Kemampuan algoritmik ini akan membekali siswa dengan pengetahuan algoritma yang wajib dimiliki oleh siswa pada era sekarang.

##### 4.2. Fitur Robot yang Dikembangkan

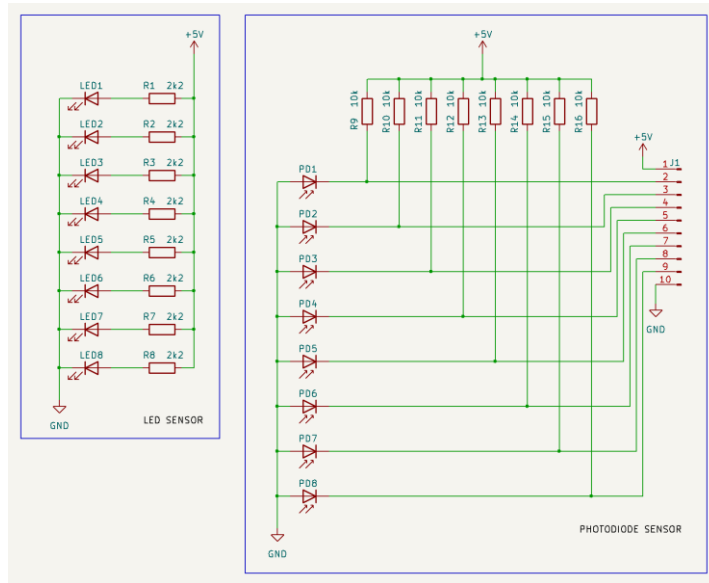
Berdasarkan kemampuan yang ingin dicapai pada Tabel 1, tim peneliti menentukan fitur-fitur robot untuk mendukung siswa dalam mencapai kemampuan tersebut yang dijabarkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Fitur-Fitur Robot Untuk Mendukung Kemampuan Siswa

No	Fitur Robot
1	Memiliki 8 sensor garis dan 5 sensor tombol untuk memberi perintah pada robot.
2	Menggunakan komponen yang mudah dibongkar pasang menggunakan peralatan sederhana.
3	Menggunakan komponen yang tersedia banyak di pasaran dengan harga relatif murah.
4	Berbentuk kompak dengan jumlah komponen yang tidak terlalu banyak.
5	Menggunakan komponen <i>black box</i> untuk komponen yang rumit, yaitu pada: MCU (menggunakan Arduino Nano), OLED Display, dan Boost Converter.
6	Dapat diprogram menggunakan perangkat lunak IDE ( <i>Integrated Development Environment</i> ) dan bersifat <i>open-source</i> .
7	Dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan modul <i>Bluetooth</i> .

4.3. Skematik Sensor Garis (LED & Photodiode)

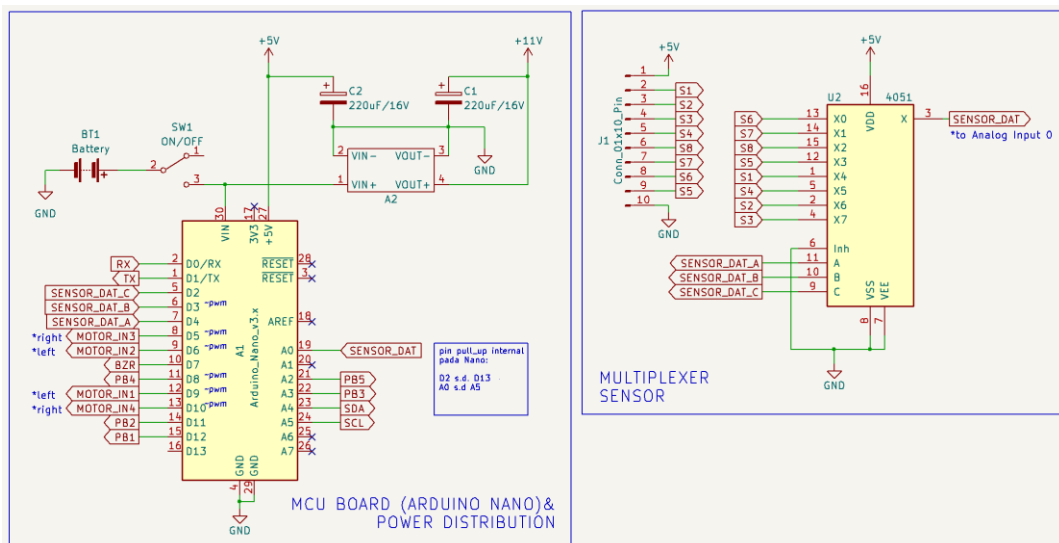
Diagram skematik untuk sensor garis diperlihatkan pada Gambar 3. Area ini menggunakan komponen LED dan Resistor 2,2 KOhm sebanyak 8 buah serta Photodiode dan Resistor 10 KOhm sebanyak 8 buah.



Gambar 3. Diagram Skematik Sensor Garis (LED & Photodiode)

4.4. Skematik MCU, Power Distribution, dan Multiplexer Sensor

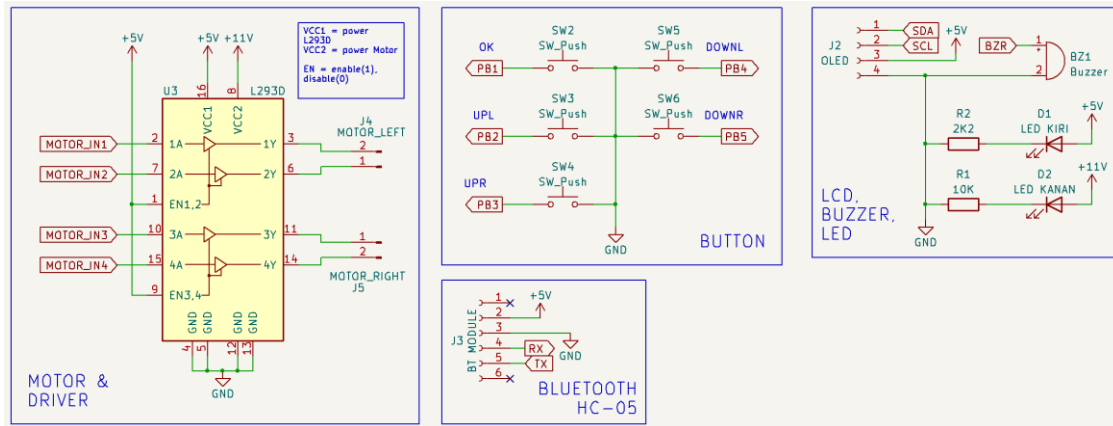
Diagram skematik untuk komponen MCU (Micro Controller Unit), Power Distribution, dan Multiplexer Sensor diperlihatkan pada Gambar 4. Untuk MCU menggunakan Arduino Nano yang memiliki bentuk kompak, jumlah kanal input output yang cukup, dan kekuatan *processing* yang memadai untuk purwarupa ini. Modul *power distribution* menggunakan MT-3608 DC-DC Boost Converter, karena kebutuhan tenaga penggerak untuk motor tidak dapat disuplai dari MCU. Pada bagian sensor menggunakan modul multiplexer IC CD4051 yang memiliki 8 kanal input yang dapat mengakomodasi 8 buah sensor photo-diode agar menjadi 3 kanal output dengan tujuan untuk menghemat kebutuhan input pada MCU. Tentunya pemilihan modul-modul tersebut dengan pertimbangan biaya pengadaan yang murah dan tersedia pada *marketplace* lokal dengan melimpah.



Gambar 4. Diagram Skematik MCU, Power Distribution, dan Multiplexer Sensor

4.5. Skematik Motor, Motor Driver, OLED, Buzzer, dan Button

Diagram skematik motor, motor-driver, button, bluetooth, dan komponen lain diperlihatkan pada Gambar 5. Motor menggunakan jenis DC Motor N20, sedangkan motor driver menggunakan IC L293D (H Bridge Driver). Pertimbangannya lagi-lagi karena biaya pengadaan yang murah dan tersedia pada marketplace lokal dengan melimpah.



Gambar 5. Diagram Skematik Motor, Driver, OLED, Buzzer, dan Button

4.6. Bill of Materials (BOM)

Secara keseluruhan, Tabel 3 memuat BOM (Bill of Materials) yang diperlukan oleh purwarupa robot ini.

Tabel 3. Fitur-Fitur Robot Untuk Mendukung Kemampuan Siswa

No	Komponen	Jml	No	Komponen	Jml
	<b>CONTROLLER</b>			<b>SENSOR</b>	
1	Controller PCB	1	20	Sensor PCB	1
2	Arduino Nano MCU	1	21	Photodiode 3mm Flat Head	8
3	Header Male 15 Pin (utk Arduino Nano)	2	22	LED 3mm White	8
4	Header Female 15 Pin	2	23	Freewheel + Baut	1
5	Header Male Siku 10 Pin	1	24	Resistor 10 KOhm	9
6	Header Female 4 Pin	1	25	Resistor 2,2 KOhm	9
7	Header Male 4 Pin	1	26	Header Male 10 Pin	1
8	IC CD4051 (Multiplexer/Demultiplexer)	1			
9	IC L293D (H-Bridge Driver)	1		<b>PENGERAK</b>	
10	IC Socket	2	27	DC Motor N20	2
11	MT-3608 DC-DC Boost Converter	1	28	Bracket DC Motor N20	2
12	Konektor JST 2 pin	3	29	Baut	4
13	Saklar ON/OFF	1	30	Roda Karet N20	2
14	LED 5mm Red	2			
15	Elco 220uF/16V	2		<b>LAIN-LAIN</b>	
16	Tactile Switch	5	31	Kabel Konektor 10 Pin	1
17	Active Buzzer 5V	1	32	Baut M3x6	8
18	OLED 0.96 I2C	1	33	Spacer M3x15 Female-Female	2
			34	Kotak Peralatan	1
	<b>BATTERY</b>			<b>TES &amp; PERAKITAN</b>	
19	LiPo 2S1P 7.6V 2000mAh	1	35	Breadboard	1
			36	Kabel Jumper	30



## 5. KESIMPULAN

Purwarupa Robot Line Following berbasis Arduino Nano ini merupakan robot yang cukup memadai untuk mempelajari konsep-konsep robotika/automaton bagi siswa sekolah menengah. Sebagai sebuah agen cerdas refleks berbasis model, purwarupa yang dikembangkan mempunyai kelebihan-kelebihan:

1. Memiliki sensor yang relatif kompleks namun sederhana yang dibantu dengan *multiplexer*, sehingga siswa akan memahami konsep *multiplex-demultiplex* yang sangat berguna pada pembelajaran robotika/automaton.
2. Memiliki aktuator (berupa *motor* dan *motor driver*), sehingga siswa dapat memahami konsep robotika/automaton secara holistik termasuk konsep *power distribution*.
3. Memiliki OLED dan *button*, sehingga robot dapat di-*setting* dengan kriteria-kriteria tertentu dan mengajarkan konsep *debounce* kepada siswa.
4. Secara keseluruhan mengajarkan *asynchronous operation*, konsep yang sering lupa diajarkan ketika pertama kali siswa berkenalan dengan robotika/automaton, sehingga dengan diperkenalkan sejak dini, siswa akan lebih memahami konsep-konsep membangun robot dengan baik.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi (Ditjen Diktiristek) melalui Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat (DRTPM) Kementerian Pendidikan Kebudayaan Riset dan Teknologi yang telah memberikan bantuan dana hibah penelitian melalui skema Penelitian Dosen Pemula.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Susilowati dan H. Prayitno. "Pengembangan Model Pembelajaran Berbasis Proyek dengan Menggunakan Arduino Uno pada Mata Pelajaran Fisika SMA". Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi, Vol. 5, No. 1, 2019.
- [2] A. Y. Kusumah, S. Rahmat, and T. P. Rosyidi. "Development of Arduino-Based Laboratory Equipment for Learning about Temperature and Pressure Sensors in Senior High School". Journal of Physics: Conference Series, Vol. 1093, No. 1, 2018.
- [3] N. A. Hidayat, S. Sari, dan T. Nursyamsi. "Pengembangan Alat Ukur Suhu dan Kelembaban Udara Berbasis Arduino Uno untuk Praktikum Biologi di SMA". Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia, Vol. 4, No. 1, 2018.
- [4] A. I. Reza, M. Shabri, and R. Firdaus. "The Development of Arduino-Based Robot for Learning Programmed Motion in STEM Education". Journal of Physics: Conference Series, Vol. 1375, No. 1, 2019.
- [5] N. N. Sari, S. Sujatmiko, dan R. Ramadhan. "Pengembangan Modul Pembelajaran Elektronika Dasar Berbasis Arduino pada SMA". Jurnal Pendidikan Vokasi, Vol. 8, No. 2, 2018.
- [6] I. K. Winaya, Y. L. Pertiwi, and S. Kusumadewi. "Design and Implementation of Arduino-Based Analog Electronics Practical Activities for Senior High School Students". Journal of Physics: Conference Series, Vol. 1213, No. 1, 2019.
- [7] M. R. Firmantara, Sudarti, R. D. Handayani. "Pengaruh STEM-PjBL Terhadap Keterampilan Berpikir Kreatif Siswa MTS". Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Vol. 12, No. 1, 2023.
- [8] Kranz, J., Baur, A., dan Moller, A. "Learner's Challenges in Understanding and Performing Experiments". Studies in Science Education, Vol. 59, No. 2, Hal 321-367, 2023.
- [9] Sari, U., dan Kirindi, T. "Using Arduino in Physics Teaching: Arduino-based Physics Experiment to Study Temperature Dependence of Electrical Resistance". Vol. 7, No. 14, Journal of Computer and Education Research, 2019.

- [10] Morze, N. "Implementation of Robotics as a Modern Trend in STEM Education". *International Journal of Research in E-Learning*, Vol. 4, No. 2. 2018.
- [11] Di Giacomo, F., dan Sandri, M. "Educational Activities with Arduino to Learn About Astronomy". 4th Symposium on Space Educational Activities (SSEA): Barcelona 27-29 April, 2022.
- [12] Karakaya, F., dan Yilmaz, M. "Teacher's Views on Assesment and Evaluation Methods in STEM Education". *STEM Innovation and Dissemination: Improving Teaching and Learning in STEM*, Vol. 6, No. 2, 2022.